

# Impianto agro-fotovoltaico "Polmone" Comune di Ramacca (CT)

## Proponente



**SORGENIA ACQUARIUS S.r.l**  
Via Algardi, 4 – 20148 Milano  
tel. 02 671941 – fax 02 67194210  
<http://www.sorgenia.it>  
[sorgeniaacquarius@sorgenia.it](mailto:sorgeniaacquarius@sorgenia.it)  
PEC [sorgenia.acquarius@legalmail.it](mailto:sorgenia.acquarius@legalmail.it)



## RELAZIONE DI INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

### PROGETTISTA



**Tiemes Srl**  
Via Sangiorgio 15- 20145 Milano  
tel. 024983104/ fax. 0249631510  
pec: [info@pec.tiemes.it](mailto:info@pec.tiemes.it)  
[www.tiemes.it](http://www.tiemes.it)

0	23/12/2022	Prima emissione	LB	VDA			
Rev.	Data emissione	Descrizione	Preparato	Approvato			
<b>CODICE</b>							
Origine File: 21047RMC.PD.R.13.00 – Relazione di inquinamento elettromagnetico		Commessa		Proc	Tipo doc	Num	Rev
		<b>21047</b>	<b>RMC</b>	<b>PD</b>	<b>R</b>	<b>13</b>	<b>00</b>
Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden							

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA E SCOPO .....</b>	<b>3</b>
1.1	LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO .....	4
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>GENERALITA' .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.2008 .....</b>	<b>11</b>
5.1	COMPATIBILITÀ DEI MODULI FOTOVOLTAICI .....	12
5.2	COMPATIBILITA' DEL SISTEMA DI ACCUMULO BESS.....	13
5.3	COMPATIBILITÀ E.M. UNITA' DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE .....	15
5.4	COMPATIBILITA' E.M. DELLA CABINA DI SMISTAMENTO.....	18
5.5	COMPATIBILITA' E.M. DEGLI ELETTRODOTTI IN BT .....	19
5.6	COMPATIBILITÀ E.M. DEGLI ELETTRODOTTI IN MT .....	21
5.6.1	<i>Cavidotto di collegamento tra power skid e cabina di smistamento.....</i>	<i>23</i>
5.6.2	<i>Cavidotto di collegamento tra PCS dei sistemi BESS e cabina di smistamento.....</i>	<i>24</i>
5.6.3	<i>Cavidotto di collegamento tra cabina di smistamento e trasformatore MT/AT.....</i>	<i>25</i>
5.7	COMPATIBILITÀ E.M. DEGLI ELETTRODOTTI AT DI COLLEGAMENTO ALLA SE DI BELPASSO .....	25
<b>6</b>	<b>PRESENZA DI PERSONE NELL'IMPIANTO .....</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONE .....</b>	<b>28</b>

## 1 PREMESSA E SCOPO

La presente relazione, redatta ai sensi della Legge n. 36 del 22 febbraio 2001, “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”, ha lo scopo di valutare, in modo previsionale, l’impatto elettromagnetico prodotto dall’esercizio del nuovo impianto agro-fotovoltaico caratterizzato da una potenza nominale di picco pari a circa 18,683 kW, che prevede anche l’installazione di un sistema di accumulo per l’energia elettrica BESS con potenza pari a 14 MW, da realizzarsi nel Comune di Ramacca, in provincia di Catania, e ne costituisce parte integrante del progetto definitivo del suddetto impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili.

Lo scopo della relazione, in conformità al procedimento per il calcolo della distanza di prima approssimazione (DPA), è quello di fornire i valori delle DPA per i cavidotti e le cabine elettriche presenti all’interno dell’area di impianto e dell’elettrodotto di connessione in AT alla rete di trasmissione nazionale presso una nuova Stazione Elettrica di Terna da realizzare nel comune di Belpasso.

## 1.1 LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO

L'ubicazione del sistema agro-fotovoltaico rientrerà all'interno del Comune di Ramacca, nella provincia di Catania. Le opere di connessione alla rete, oltre ad insistere sullo stesso Comune, interessano il Comune di Belpasso, anch'esso situato nella provincia di Catania.

L'area individuata per la costruzione del sistema agro-fotovoltaico si trova su un territorio aventi le seguenti caratteristiche:

Comune (provincia)	Ramacca (CT)
Località	Polmone
Coordinate	Lat: 37°28'38.59"N Long: 14°47'13.39"E
Sup. Impianto lorda	circa 41 ha
Elevazione del sito	60 m.s.l.m.
Destinazione d'uso terreni	E – Aree per usi agricoli
Territori interessati dal tracciato del cavidotto interrato	Comune di Ramacca (CT), Comune di Belpasso (CT)
Punto di connessione	Nuova SE Ramacca 380

**Tabella 1-1 – Caratteristiche impianto agro-fotovoltaico**

L'impianto sarà installato su un terreno, di estensione complessiva catastale pari a circa 41 ha, ricadente in zona omogenea agricola "E" secondo il Piano Regolatore del Comune di Ramacca, come anche attestato dal Certificato di Destinazione Urbanistica ottenuto in data 30/06/2022 ed individuato al foglio catastale 61, particelle 24-50-242 e al foglio 62 particelle 6-93-94-95-118-122-165.



**Figura 1-1 – Inquadramento opere in progetto su ortofoto**

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 449/88 " Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne"
- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". G. U. n. 55 del 7 marzo 2001.
- DPCM 8 luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" - G. U. n. 200 del 29 agosto 2003.
- DPCM 8 luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati a frequenze tra i 100 kHz e 300 GHz" - G. U. n. 199 del 29 agosto 2003.
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare: "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti." (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).
- Decreto Ministeriale 02 dicembre 2014, "Linee guida, relative alla definizione delle modalità con cui gli operatori forniscono all'ISPRA e alle ARPA/APPA i dati di potenza degli impianti e alla definizione dei fattori di riduzione della potenza da applicare nelle stime previsionali per tener conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore" (G.U. 22.12.2014 n. 296).
- CEI 211-6. Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.
- CEI 211-4. Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche.
- CEI 106-11. Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6). Parte 1: linee elettriche aeree e in cavo.
- CEI 11-17. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.
- Enel - Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08. Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.

### 3 GENERALITA'

Si definisce campo elettrico una regione dello spazio soggetta ad una forza di tipo elettrico, dovuta alla presenza di cariche elettriche; in tale regione una particella carica elettricamente risulta sottoposta a una forza di attrazione o repulsione. Il campo magnetico è invece una regione dello spazio soggetta ad una forza di tipo magnetico, causata da un magnete o dal passaggio di una corrente elettrica in un conduttore; all'interno di un campo magnetico, un dipolo magnetico è soggetto a una forza di rotazione (momento) che tende a modificarne l'orientamento nello spazio.

Un campo elettromagnetico è il risultato della concatenazione di un campo elettrico e di un campo magnetico generati da un campo (elettrico o magnetico) variabile nel tempo; i campi elettromagnetici hanno la proprietà di diffondersi nello spazio e di trasportare energia e sono usualmente rappresentati sotto forma di onde con determinata frequenza (numero di oscillazioni al secondo). I campi elettromagnetici sono usualmente classificati secondo la frequenza in:

- Campi a Frequenza Estremamente Bassa, detti ELF (Extremely Low Frequency), da 30 a 300 Hz;
- Campi a Radiofrequenza, detti RF, da 300 kHz a 300 MHz;
- Microonde, da 300 MHz a 300 GHz.

I campi generati dagli elettrodotti sono caratterizzati dalla cosiddetta frequenza industriale (50Hz) e pertanto appartengono alla prima categoria (ELF). Per essi non si parla usualmente di campi elettromagnetici ma, separatamente, di campi elettrici e campi magnetici. Ciò è dovuto al fatto che a frequenze così basse le principali proprietà dei campi elettromagnetici, cioè la concatenazione dei campi e la capacità di irradiarsi nello spazio, vengono a mancare. Il campo elettrico e quello magnetico hanno pertanto proprietà, e assumono valori, indipendenti l'uno dall'altro e inoltre esauriscono in massima parte i loro effetti a distanza limitata dalla sorgente.

L'intensità del campo elettrico, generalmente indicata con la lettera E, si esprime in Volt per metro (V/m), generato dagli elettrodotti, mantiene livelli stabili nel tempo in una data posizione spaziale e dipende da diversi fattori:

- dalla tensione della linea (cresce al crescere della tensione);
- dalla distanza dalla linea (decresce allontanandosi dalla linea);
- dall'altezza dei conduttori da terra (decresce all'aumentare dell'altezza).

L'intensità del campo magnetico è indicata con la lettera H ed è espressa in Ampere per metro (A/m); oltre a tale unità di misura è frequentemente utilizzata la grandezza induzione elettromagnetica, indicata con la lettera B ed espressa usualmente in Tesla (T) o microTesla ( $\mu\text{T}$ ).

Tale grandezza è correlata alla permeabilità magnetica del mezzo attraversato. Nei mezzi isotropi B e H assumono lo stesso valore: poiché la permeabilità magnetica dell'aria e del corpo umano sono uguali, nelle valutazioni che hanno attinenza con la salute umana i due termini sono usati indifferentemente. I livelli di campo magnetico variano nel tempo in funzione della variazione di corrente, infatti la sua intensità dipende:

- dalla corrente che scorre lungo i fili conduttori delle linee (aumenta con l'intensità di corrente sulla linea);
- dalla distanza dalla linea (decrece allontanandosi dalla linea);
- dall'altezza dei conduttori da terra (decrece all'aumentare dell'altezza).

## 4 PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI

La legge n.36 del 22 febbraio 2001 è indirizzata alla tutela e della salute della popolazione e dei lavoratori dai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da qualsiasi impianto che operi nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 300 GHz e che emette in ambiente esterno in ambiente interno. La tutela della salute viene conseguita attraverso la definizione di tre differenti limiti: limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità. Il DPCM 08/07/2003 disciplina, a livello nazionale, in materia di esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz) generati dagli elettrodotti, fissando:

- i limiti per il campo elettrico (5 kV/m)
- i limiti per l'induzione magnetica (100  $\mu$ T);
- i valori di attenzione (10  $\mu$ T) e **gli obiettivi di qualità (3  $\mu$ T)** per l'induzione magnetica;

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

I valori limiti per il campo elettrico e l'induzione magnetica sono valori massimi, il valore di attenzione 10  $\mu$ T si applica "nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore giornaliere"

Il decreto prevede, inoltre, la determinazione di distanze di rispetto dalle linee elettriche secondo metodologie da individuare. Tali distanze sono da intendersi sia al di sopra che al di sotto del livello del suolo.

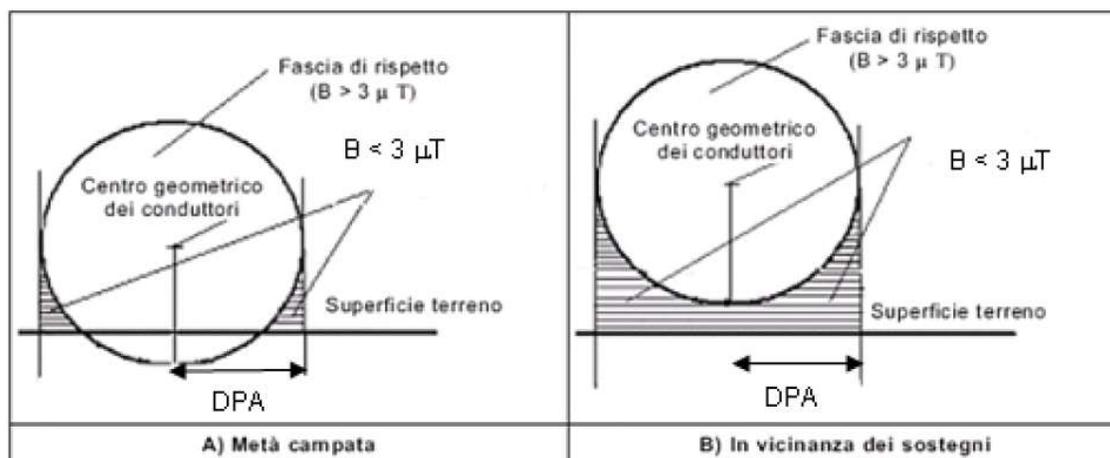
Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima approssimazione (DPA) nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo magnetico (art. 4 del

DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati.

Si riportano le seguenti definizioni:

- Distanza di prima approssimazione (D.P.A.): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di D.P.A. si trovi all'esterno delle fasce di rispetto; e per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra;
- Fascia di rispetto: spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ( $3 \mu\text{T}$ ).



**Figura 4-1 – Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni**

Il DM 29.05.08 fornisce in seguito le procedure per il calcolo delle fasce di rispetto delle linee elettriche, esistenti ed in progetto; in particolare, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee in corrente continua);

- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

## **5 OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.2008**

Ai fini di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici funzionali al parco agro-fotovoltaico in progetto, si studiano nel presente capitolo i seguenti componenti:

- moduli fotovoltaici;
- batterie costituenti il sistema di accumulo BESS;
- unità di conversione e trasformazione collocate all'interno dei sottocampi nel parco solare;
- sistema di distribuzione in BT;
- cabina di smistamento;
- elettrodotti in MT di connessione tra le unità di trasformazione dei sottocampi e la cabina di smistamento;
- elettrodotti in MT di connessione tra i sistemi di accumulo BESS e la cabina di smistamento;
- elettrodotto in MT di connessione tra la cabina di smistamento e il trasformatore MT/AT interno all'area di impianto per l'elevazione a 36 kV;
- elettrodotto interrato in AT a 36 kV di connessione tra il quadro in uscita in AT e la nuova SE 36/150/380 kV di Terna da realizzare nel Comune di Belpasso.

Per determinare le fasce di rispetto degli elettrodotti e della cabina elettriche previste nel progetto è stato preso come riferimento il documento pubblicato da Enel Distribuzione "Linee guida per il calcolo della distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche".

## 5.1 COMPATIBILITÀ DEI MODULI FOTOVOLTAICI

In merito all'installazione di moduli fotovoltaici e dei relativi cablaggi in corrente continua si può stabilire che i limiti di riferimento dei valori di campo Elettro Magnetico siano rispettati; in quanto:

- la sezione di impianto analizzata funziona in corrente continua, ovvero a frequenza nulla;
- come richiesto per una buona esecuzione delle opere i cavi con diversa polarizzazione saranno posti a contatto, annullando la produzione di campi magnetici statici in punti esterni;
- gli unici cavi in CC interessati da un valore di corrente significativo saranno relativi alle dorsali principali. Le dorsali sono i cavidotti in uscita dai dispositivi string combiner per la connessione in parallelo delle stringhe. La trattazione sarà effettuata all'interno del paragrafo 5.5;
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per l'induzione magnetica che non deve essere superato è di 40.000  $\mu$ T, valore 400 volte più alto dell'equivalente per la corrente a 50 Hz.

Per quanto suddetto, considerate le correnti di bassa entità che percorrono i moduli, si può certamente escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo magnetico statico dovuto alla sezione in corrente continua in esame.

Anche per quanto concerne il campo elettrico, essendo quest'ultimo funzione della tensione e considerando che sarà comunque presente una schermatura dovuta alle guaine dei cavi e dagli altri elementi fisici presenti in impianto (suolo, recinzioni, alberature perimetrali ecc.), si può certamente affermare che i campi elettrici generati saranno abbondantemente inferiori ai limiti di legge.

## 5.2 COMPATIBILITA' DEL SISTEMA DI ACCUMULO BESS

Il sistema di accumulo BESS (Battery Energy Storage System) è un impianto di accumulo elettrochimico di energia, costituito da sottosistemi, apparecchiature e dispositivi necessari all'immagazzinamento dell'energia elettrica ed alla conversione bidirezionale della stessa al livello di tensione della rete.

La tecnologia di accumulatori elettrochimici (batterie) è composta da celle agli ioni di litio. Di seguito è riportata la lista dei componenti principali del sistema BESS:

- celle agli ioni di litio assemblati in moduli e armadi (Battery container);
- sistema bidirezionale di conversione CC/CA, trasformatori di potenza MT/BT e quadri elettrici di potenza MT (PCS);
- sistema di gestione e controllo locale di assemblato batterie (BMS);
- sistema locale di gestione e controllo integrato di impianto (SCI) - assicura il corretto funzionamento di ogni assemblata batteria azionato da PCS;
- servizi Ausiliari e di controllo;
- cavi di potenza e di segnale;
- sistema di raffreddamento degli assemblati batterie e impianto antincendio.

Esclusa la trattazione relativa ai cavidotti in MT e del sistema di conversione e trasformazione dell'energia (PCS) che sarà effettuata nei capitoli seguenti, in questo paragrafo viene trattata la compatibilità elettromagnetica delle batterie costituenti il sistema di accumulo BESS, comprensive delle celle agli ioni di litio e del sistema di distribuzione in BT.

I moduli batteria collegati in serie sono collocati all'interno di cabinati container tipo ISO40 (12,19x2,44x2,9m). I cabinati saranno realizzati mediante container prefabbricati posati su fondazione a vasca. La dimensione in pianta della fondazione sarà di circa 13x4 m ISO 40ft.

Le batterie sono alloggiare all'interno dei n.8 container e sono raggruppate in rack. Ogni rack è composto da un numero di moduli batterie collegati in serie tra loro. Il modulo batterie sarà composto da 50 celle in serie per una tensione nominale di 160V, una capacità nominale di 280Ah ed una potenza massima di 44,8kW.

BATTERY CELLS	
Manufacturer	CATL
Model	CATL 280Ah
Cell Technology	LFP
Nominal Capacity	280Ah
Maximum Power	896 W
Operating Voltage	2.5 – 3.65 V
Nominal Voltage	3.2 V
Operation Temperature Range	Charge: 0 – 55°C Discharge: -20 – 55°C
Maximum Operating Current	10.51 A

**Tabella 5-1 – Dati tecnici cella elettrochimica**

Ciascun container batteria sarà composto da 12 rack per un totale di 96 rack ciascuno caratterizzato da una capacità pari a 358,4 kWh (valore variabile in funzione del modello disponibile del produttore).

	SPECIFICATION	PARAMETER
	Configuration	
Key component		8 Modules, 1 BSPU
Dimension(W×H×D)		1000*2400*1200 mm
Weight		3300kg
Nominal capacity		280Ah
Nominal Energy		358,40 kWh
Nominal Voltage		1.280V
Operating Voltage		1.120V ~ 1.440V
Max Power		358.40 kW (1C)
Certifications		IEC 62619 UL 9540A

**Tabella 5-2 – Dati tecnici rack batterie**

Il container batteria sarà quindi composto prevalentemente dai rack contenenti i moduli batteria agli ioni di litio e dal sistema bidirezionale per il trasporto dell'energia elettrica in corrente continua verso il PCS.

Considerando che tale sezione dell'impianto è esercita completamente in corrente continua a 0 Hz in bassa tensione, la buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (positivo e negativo) viaggino sempre a contatto. In tal modo, il campo magnetico statico prodotto dal conduttore in un punto esterno viene annullato reciprocamente. La distribuzione in Bassa Tensione sarà comunque interrata ad una profondità adeguata a garantire il rispetto della normativa vigente.

In questo modo, sarà rispettato per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per l'induzione magnetica pari a 40.000  $\mu\text{T}$ , come riportato dalla raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio Europeo che stabilisce limiti da rispettare in caso di esposizione della popolazione a campi magnetici statici (Tabella 5-3).

**Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici  
(0 Hz-300 GHz, valori efficaci (rms) non perturbati)**

Intervallo di frequenza	Intensità di campo E (V/m)	Intensità di campo H (A/m)	Campo B ( $\mu\text{T}$ )	Densità di potenza ad onda piana equivalente $S_{eq}$ ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	—
1-8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10 000	$4\,000/f$	$5\,000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

**Tabella 5-3 – Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici**

### **5.3 COMPATIBILITÀ E.M. UNITA' DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE**

L'impianto agro-fotovoltaico è suddiviso in n.4 sottocampi, ciascuno dotato di un singolo power skid. L'impianto è dotato di una cabina di smistamento in cui confluisce tutta l'energia prodotta nell'impianto fotovoltaico e quella in ingresso/uscita dai sistemi di accumulo BESS.

Ciascun power skid contiene un inverter centralizzato, un trasformatore BT/MT da 4.000 o 4.360 kVA (nel caso del sottocampo con potenza di picco maggiore), quadri in bassa e media tensione. Tali apparecchiature saranno poste all'esterno su opportuna fondazione. L'impianto è composto complessivamente da n.3 sottocampi avente unità di trasformazione caratterizzata da potenza pari a 4.000 kVA e n.1 sottocampo con potenza pari a 4.360 kVA.

Inoltre, anche il sistema è dotato di accumulo BESS (Battery Energy Storage System) è dotato di unità di conversione CC/CA e trasformazione BT/MT. Nella soluzione presentata in progetto, l'impianto sarà dotato di due unità di trasformazione BT/MT, ciascuna caratterizzata da una taglia pari a 7200 kVA.

In merito agli inverter, si può affermare che sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo). A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) ((CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)). Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- Livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter che si prevede di installare presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Variazioni di tensione e frequenza: la propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono causate per lo più dalla rete stessa;
- Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

Le linee in media tensione a 30 kV in uscita dai power skid dei sottocampi e dai sistemi di accumulo sono convogliate alla cabina di smistamento dove avviene il collegamento in parallelo. A valle della cabina di raccolta delle varie linee è collocato il trasformatore MT/AT di taglia pari a 40 MVA per l'elevazione della tensione a 36 kV.

Il calcolo della fascia di rispetto per le varie unità di trasformazione si basa sulla metodologia semplificata indicata nel calcolo del DM 29/05/2008. La Distanza di Prima Approssimazione (D.P.A.) viene calcolata tramite la seguente formula:

$$DPA = 0,40942 \cdot \sqrt{I} \cdot x^{0,5241}$$

Nella quale:

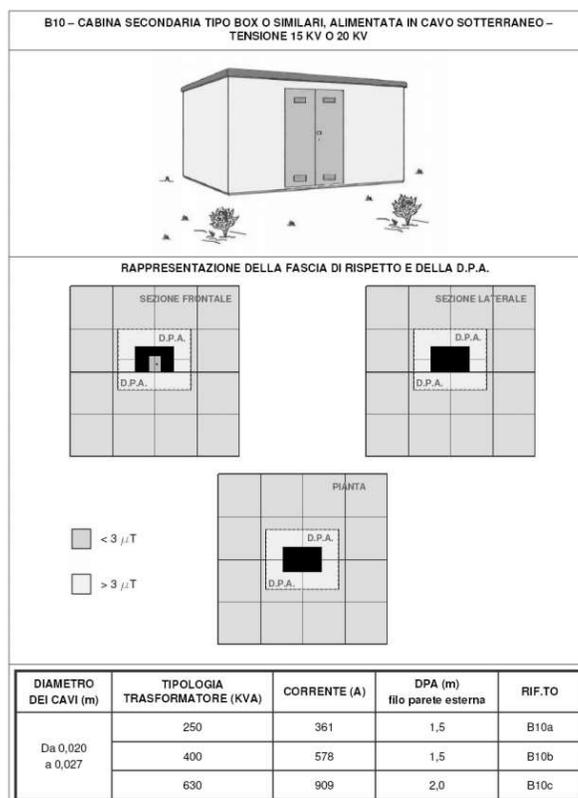
- "I" è la corrente nominale al circuito secondario (BT) del trasformatore espressa in Ampère [A];
- "x" è il diametro reale dei cavi in uscita dal trasformatore espresso in metri [m];

Con le ipotesi descritte la distanza di prima approssimazione risulta pari a 3 metri per le n.3 unità di conversione e trasformazione da 4000 kVA (sottocampo n.2,3,4) e da 4360 kVA (sottocampo n.1). Per i trasformatori appartenenti ai sistemi di accumulo BESS, la D.P.A. risulta pari a 5 metri, per il trasformatore MT/AT la D.P.A è calcolata pari a 4 metri. In accordo con il paragrafo 5.1.2 della guida allegata al DM 29/05/08, la DPA assume il valore dell'intero immediatamente superiore rispetto alla distanza di prima approssimazione ottenuta dalla formula sopra riportata.

Sarà pertanto previsto il mantenimento di tale fascia di rispetto dalle varie unità di trasformazione.

## 5.4 COMPATIBILITA' E.M. DELLA CABINA DI SMISTAMENTO

Sulla cabina elettrica di smistamento convergeranno esclusivamente cavi in MT con una corrente massima molto inferiore alle correnti in gioco nelle unità di trasformazione; sono inoltre presenti all'interno solo trasformatori per servizi ausiliari di potenza trascurabile. Essendo la corrente di riferimento delle linee MT molto inferiore rispetto al valore dell'intensità di corrente di utilizzata per il calcolo della DPA delle cabine di trasformazione, si assume comunque un valore cautelativo di DPA pari a 2 m.



**Figura 5-1 – Fasce di rispetto cabina secondaria – Enel distribuzione**

In Figura 5-1 è rappresentato un esempio che illustra il concetto della D.P.A. per le cabine secondarie, estratte dalle Linee Guida di E-distribuzione S.p.a. in conformità con il punto 5.1.3 dell'allegato al DM del 29 maggio 2008.

Per quanto sopra descritto entro le distanze DPA di cui sopra non saranno perciò presenti recettori e le cabine di trasformazione e smistamento non saranno installate all'interno dell'area di impianto

dove sono previste attività che comportino una permanenza superiore alle 4 ore, come da normativa.

## 5.5 COMPATIBILITA' E.M. DEGLI ELETTRODOTTI IN BT

Il sistema di distribuzione in Bassa Tensione presente all'interno dei confini dell'area dell'impianto è prevalentemente composto da cavidotti in corrente continua di collegamento tra gli *string combiner* e le unità power skid interne ai sottocampi del generatore fotovoltaico.

La buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (positivo e negativo) viaggino sempre a contatto. In tal modo, il campo magnetico statico prodotto dal conduttore in un punto esterno viene annullato reciprocamente.

Di seguito viene comunque riportata la metodologia per il calcolo del campo magnetico nel caso peggiore, ovvero il tratto di cavidotto che, uscente dallo *string combiner* dove è previsto il collegamento in parallelo di 16 stringhe, raggiunge il power skid tramite un singolo cavo tipo H1Z2Z2-K da 150 mm<sup>2</sup>. Tale tratto di distribuzione, infatti, è quello percorso dalla corrente maggiore.

Numero cavi per tratto	Descrizione	Tipologia di cavo impiegato	Corrente impiegata [A]
1	Combiner 12	H1Z2Z2-K 95 mm <sup>2</sup>	174,8
1	Combiner 14	H1Z2Z2-K 120 mm <sup>2</sup>	203,9
1	Combiner 16	H1Z2Z2-K 150 mm <sup>2</sup>	233,1
2	Combiner 18	H1Z2Z2-K 95 mm <sup>2</sup>	131,1
2	Combiner 20	H1Z2Z2-K 95 mm <sup>2</sup>	145,7
2	Combiner 24	H1Z2Z2-K 120 mm <sup>2</sup>	174,8

**Tabella 5-4 – Tratti cavidotto BT della distribuzione presenti all'interno dei sottocampi del generatore fotovoltaico**

Il campo magnetico generato dal cavo percorso da corrente può essere calcolato tramite la legge di Biot-Savart, trattasi di una formulazione ideale applicabile per tratti nei quali la distanza  $d$  è molto inferiore alla lunghezza complessiva del cavidotto, coerentemente con il caso in esame.

$$B(d) = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

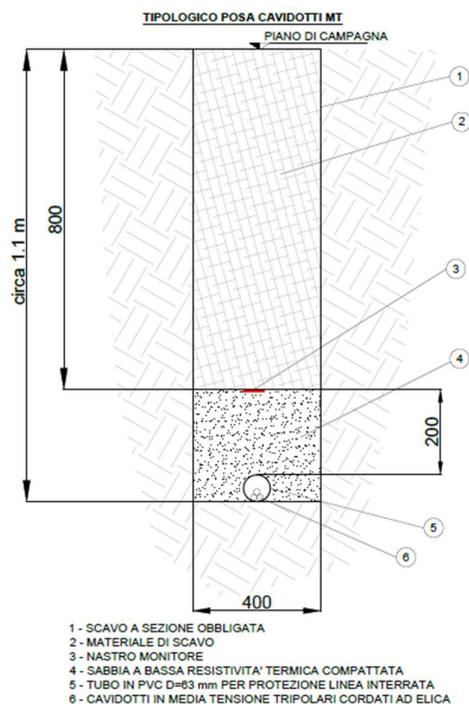
Dove:

- $B(d)$  è l'intensità del campo magnetico espressa in Tesla;
- $d$  è la distanza dal conduttore espressa in metri;
- $I$  è la portata di corrente che percorre il conduttore espressa in Ampere;
- $\mu_0$  è la permeabilità magnetica del vuoto

Il campo calcolato a livello del piano campagna, considerando una profondità di posa del cavidotto pari ad almeno 50 cm, risulta pari a 78  $\mu\text{T}$  largamente inferiore al limite normativo pari a 40.000  $\mu\text{T}$ .

## 5.6 COMPATIBILITÀ E.M. DEGLI ELETTRODOTTI IN MT

Gli elettrodotti in media tensione (MT) appartenenti all'area di impianto verranno interrati ad una profondità di circa 1,1 m rispetto al piano campagna (Figura 5-2) e localizzati per la maggior parte della sua lunghezza sotto le strade di accesso all'interno del parco agro-fotovoltaico o tra i filari degli inseguitori solari.



**Figura 5-2 – Tipologico posa cavidotto MT interni all'area di impianto**

Si evidenzia che le aree stradali non prevederanno la permanenza stabile di persone per oltre quattro ore e tanto meno la realizzazione di edifici.

Ai sensi della norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6). Parte I", il campo magnetico indotto da tre conduttori unipolari può essere stimato sulla base della formula semplificata:

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{D^2}$$

Dove:

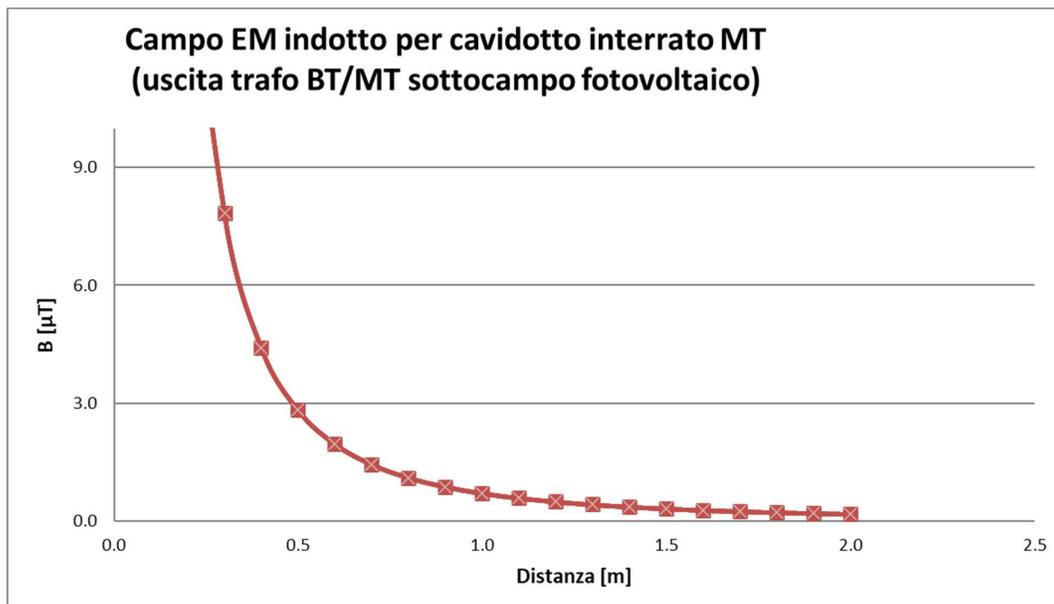
- "I" è la corrente circolante nel conduttore espressa in ampere [A];
- "S" è la distanza tra le fasi che, in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/2008, può essere considerata pari al diametro esterno dei cavi (conduttore + isolante) [m];
- "D" è la distanza del punto nel quale si desidera valutare il valore di campo magnetico indotto [m].

Si possono distinguere i seguenti tratti di cavidotti interrati in MT all'interno dell'area di impianto:

- a. cavidotto in MT a 30 kV di collegamento tra l'unità di trasformazione BT/MT interna al sottocampo dell'impianto agro-fotovoltaico e la cabina di smistamento;
- b. cavidotto in MT a 30 kV di collegamento tra l'unità di trasformazione BT/MT interna al sistema di accumulo BESS e la cabina di smistamento;
- c. cavidotto in MT a 30 kV di collegamento tra la cabina di smistamento e il trasformatore MT/AT.

Nelle figure seguenti è indicato l'andamento dell'induzione E.M. per conduttori in MT in funzione della distanza dal conduttore, in riferimento alla norma CEI 106-11: come illustrato dai seguenti grafici, il valore corrispondente agli obiettivi di qualità per l'induzione magnetica (pari a  $3 \mu\text{T}$ ), viene raggiunto nel caso peggiore ad una distanza di circa 0,7 m dai conduttori interrati e pertanto ad un valore inferiore alla profondità di posa.

### 5.6.1 Cavidotto di collegamento tra power skid e cabina di smistamento

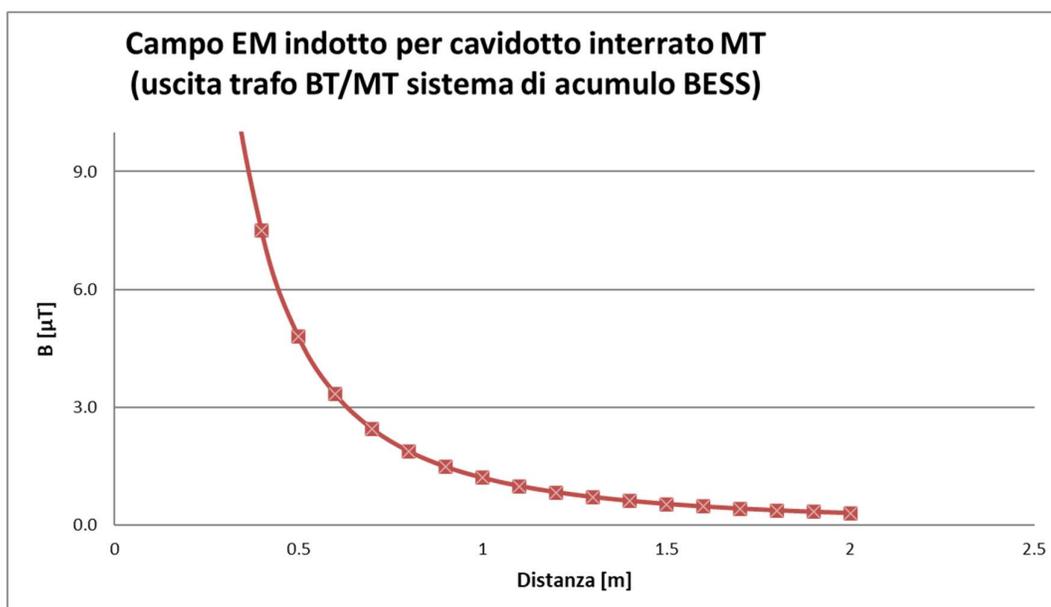


**Figura 5-3 – Campo magnetico in funzione della distanza dal cavo – uscita sottocampi FTV**

In Figura 5-3 viene illustrato il caso del cavidotto MT in uscita dai trasformatori BT/MT dei vari sottocampi dell’impianto agro-fotovoltaico (è stato considerato il caso peggiore con potenza pari a 4360 kVA per il sottocampo n.1).

Si prevede l’utilizzo di una terna di cavi tipo ARE4H5E compact da 50 mmq di sezione posti a trifoglio, i quali sono percorsi da una corrente massima pari a 84.8 A. Il valore obbiettivo di qualità pari a 3 μT viene raggiunto ad una profondità di circa 0,5 m.

## 5.6.2 Cavidotto di collegamento tra PCS dei sistemi BESS e cabina di smistamento



**Figura 5-4 – Campo magnetico in funzione della distanza dal cavo – uscita sistemi BESS**

In Figura 5-4 è riportato il valore del campo magnetico in funzione della distanza dai cavidotti in uscita dai trasformatori BT/MT appartenenti ai sistemi BESS caratterizzati da potenza nominale pari a 7200 kVA.

Per tali tratti si prevede l'utilizzo di cavi tipo ARE4H5E compact da 95 mmq di sezione posti a trifoglio, i quali sono percorsi da una corrente massima pari a 140 A. Il valore obiettivo di qualità pari a 3 µT viene raggiunto ad una profondità di circa 0,6 m.

### **5.6.3 Cavidotto di collegamento tra cabina di smistamento e trasformatore MT/AT**

Il tratto di cavidotto che collega la cabina di smistamento al punto di trasformazione MT/AT è realizzato con una doppia terna di cavi intrecciati ad elica tipo ARE4H5EX con sezione pari a 240 mm<sup>2</sup> ciascuno. Il tracciato ha una distanza ridotta pari a circa 7 metri.

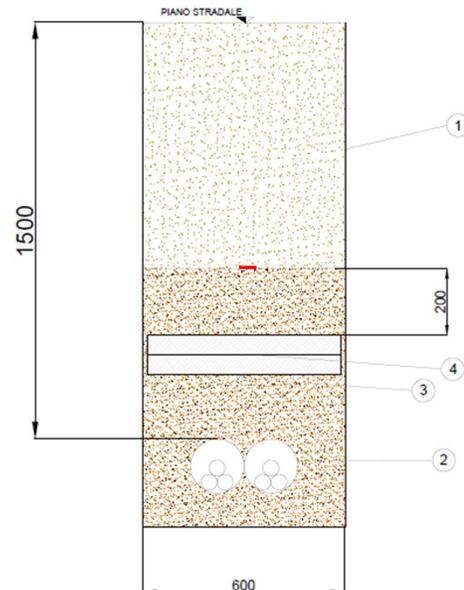
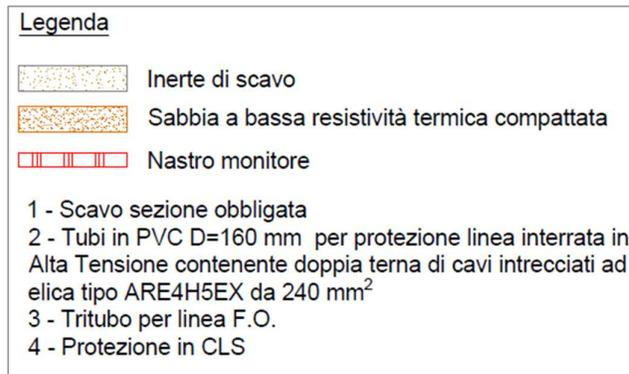
A questo proposito, si richiama il paragrafo 3.2 dell'allegato al DM 29/05/2008, nel quale viene riportato che per le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) non si applica la metodologia di calcolo prevista, in quanto le fasce di rispetto associabili hanno ampiezza ridotta e inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n.449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

Il concetto, applicabile anche per il cavidotto in analisi, è riconducibile al fatto che una terna di cavi avvolti sfasati di 120° e percorsi da corrente alternata generano un campo elettromagnetico complessivo pressoché nullo in quanto il campo generato dal singolo conduttore si somma con quello degli altri due annullandosi.

## **5.7 COMPATIBILITÀ E.M. DEGLI ELETTRODOTTI AT DI COLLEGAMENTO ALLA SE DI BELPASSO**

Il collegamento tra l'area di impianto e lo stallo a 36 kV all'interno della SE da realizzare a Belpasso per la connessione dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), verrà realizzato tramite un cavo interrato a 36 kV. Il cavidotto sarà composto da due terne di cavi intrecciati ad elica tipo ARE4H5EX con sezione pari a 240 mm<sup>2</sup> ciascuno.

Il tracciato si sviluppa per circa 13,6 km e segue prevalentemente la viabilità stradale esistente. Lo scavo per la posa del cavidotto interrato a 36 kV raggiungerà una profondità massima di circa 1,5 m da piano campagna (Figura 5-5).



**Figura 5-5 – Tipologico posa cavidotto AT 36 kV**

A questo proposito, si richiama il paragrafo 3.2 dell'allegato al DM 29/05/2008, nel quale viene riportato che per le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) non si applica la metodologia di calcolo prevista, in quanto le fasce di rispetto associabili hanno ampiezza ridotta e inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n.449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

Il concetto, applicabile anche per il cavidotto in analisi, è riconducibile al fatto che una terna di cavi avvolti sfasati di 120° e percorsi da corrente alternata generano un campo elettromagnetico complessivo pressoché nullo in quanto il campo generato dal singolo conduttore si somma con quello degli altri due annullandosi.

## 6 PRESENZA DI PERSONE NELL'IMPIANTO

L'impianto in progetto verrà gestito a distanza e non richiede presenza costante di personale negli edifici durante il normale funzionamento.

Gli impianti delle apparecchiature elettromeccaniche saranno conformi alle normative in vigore in termini di protezione ed emissione di campi elettromagnetici. Non saranno presenti apparecchiature che introducono problematiche particolari in termini di emissione di onde elettromagnetiche e/o radiazioni non ionizzanti.

Il personale sarà presente solo saltuariamente per controlli e quindi con permanenze limitate. Non saranno previsti interventi che comportino una permanenza superiore alle 4 ore.

La manutenzione che potrebbe esporre il personale a campi elettromagnetici riguardano le unità di conversione e trasformazione. Nella quasi totalità dei casi la manutenzione nella parte di produzione e trasformazione, avviene fuori con gli impianti in sicurezza, quindi in assenza di tensione e corrente e quindi anche in assenza di campi elettromagnetici.

In conclusione, per quanto sopra esposto, il personale non sarà esposto a rischi specifici.

## 7 CONCLUSIONE

La presente relazione ha valutato gli impatti dovuti all'inquinamento elettromagnetico, con individuazione delle fasce di rispetto, per gli elementi dell'impianto agro-fotovoltaico in progetto.

L'impianto agro-fotovoltaico presenta sezioni funzionanti in corrente continua e in corrente alternata, con tensioni nominali non superiore a 800 V in C.A. e 1500 V in C.C per le sezioni in Bassa Tensione. Nei tratti che comprendono cavidotti in Media Tensione la tensione viene innalzata fino al valore di 30 kV.

Le parti di impianto, assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:

- moduli fotovoltaici;
- unità di conversione e trasformazione collocate all'interno dei sottocampi nel parco solare;
- cabina di smistamento;
- batterie costituenti il sistema di accumulo BESS;
- unità di conversione e trasformazione collocate a servizio del sistema di accumulo BESS;
- elettrodotti in MT di connessione tra le unità di trasformazione dei sottocampi e la cabina di smistamento;
- elettrodotti in MT di connessione tra i sistemi di accumulo BESS e la cabina di smistamento;
- elettrodotto in MT di connessione tra la cabina di smistamento e il trasformatore MT/AT interno all'area di impianto per l'elevazione a 36 kV;
- elettrodotto interrato in AT a 36 kV di connessione tra il quadro in uscita in AT e la nuova SE 36/150/380 kV di Terna da realizzare nel Comune di Belpasso, SE Ramacca 380.

I risultati ottenuti del calcolo delle fasce di rispetto sono i seguenti:

1. Per i moduli fotovoltaici non è necessario assumere alcuna DPA in quanto gli elettrodotti sono percorsi da corrente continua di bassa entità;
2. Per le batterie costituenti il sistema BESS e la distribuzione di collegamento al PCS non è necessario assumere alcuna DPA in quanto gli elettrodotti sono percorsi da corrente continua, accoppiati per poli opposti e interrati alla profondità adeguata;
3. Nel caso delle unità di conversione CC/CA (inverter) non è necessario assumere alcuna DPA in quanto le apparecchiature scelte sono dotate delle opportune certificazioni di compatibilità elettromagnetica;

4. Nel caso delle unità di trasformazione BT/MT dei sottocampi, la DPA si può assumere pari a 3 m;
5. Nel caso delle unità di trasformazione BT/MT dei sistemi di accumulo BESS, la DPA si può assumere pari a 5 m;
6. Per le linee MT relative alle connessioni tra le varie unità di trasformazione MT/BT e la cabina di smistamento non è necessario assumere alcuna DPA in quanto gli obiettivi di qualità per l'induzione magnetica, grazie al potere schermante del terreno, vengono raggiunti ad una distanza inferiore alla profondità di posa del cavidotto interrato;
7. Per le linee MT relative alla connessione tra la cabina di smistamento e l'unità di trasformazione MT/AT si ottengono risultati analoghi a quelli elencati nel punto precedente;
8. Per le linee AT relative alla connessione tra il quadro in uscita ad Alta Tensione (AT) a valle del trasformatore MT/AT e SE da realizzare nel comune di Belpasso appartenente a Terna per la connessione alla RTN è prevista la posa di cavidotti interrati cordati ad elica, rendendo l'impatto elettromagnetico alla profondità di scavo prevista del cavidotto trascurabile;
9. Non sono previste attività che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere all'interno delle DPA sopra elencate;
10. Entro le distanze DPA sopra riportate non sono presenti recettori.

Per quanto analizzato, si può dunque concludere che non sono previsti impatti elettromagnetici significativi riconducibili al funzionamento dell'impianto.

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1 – Inquadramento opere in progetto su ortofoto.....	5
Figura 4-1 – Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.....	10
Figura 5-1 – Fasce di rispetto cabina secondaria – Enel distribuzione .....	18
Figura 5-2 – Tipologico posa cavidotto MT interni all’area di impianto .....	21
Figura 5-3 – Campo magnetico in funzione della distanza dal cavo – uscita sottocampi FTV.....	23
Figura 5-4 – Campo magnetico in funzione della distanza dal cavo – uscita sistemi BESS.....	24
Figura 5-5 – Tipologico posa cavidotto AT 36 kV .....	26

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1-1 – Caratteristiche impianto agro-fotovoltaico.....	4
Tabella 5-1 – Dati tecnici cella elettrochimica .....	14
Tabella 5-2 – Dati tecnici rack batterie .....	14
Tabella 5-3 – Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.....	15
Tabella 5-4 – Tratti cavidotto BT della distribuzione presenti all’interno dei sottocampi del generatore fotovoltaico ..	19